

**Processing waste materials for anaerobic digestion of the  
biogenic organic constituents**

Veröffentlichungsnr. (Sek.)

US5377917

Veröffentlichungsdatum :

1995-01-03

Erfinder :

KORRESPOND.  
US- FILE

WILJAN HARRY (DE); NIEFNECKER ULRICH (DE); MUCK OTTO KARL (DE); KUBLER HANS (DE); SCHNELL ROLAND (DE); CARRA ROLAND (DE); WILD MATTHIAS (DE)

Anmelder :

RECYCLING ENERGIE ABFALL (DE)

Veröffentlichungsnummer :

EP0520172, B1

Aktenzeichen:(EPIDOS-INPADOC-normiert)

US19920896017 19920609

Prioritätsaktenzeichen:(EPIDOS-INPADOC-normiert)

DE19914120808 19910624

Klassifikationssymbol (IPC) :

B02C23/00

Klassifikationssymbol (EC) :

C05F9/02, C12M1/107

Korrespondierende Patentschriften

BR9202371, CA2063777, CN1074150,

CN1089738B,  DE4120808, ES2083617T,

JP2000051821, JP3041136B2, JP3226514B2,

JP5194068, KR209380

**Bibliographische Daten**

In a process of treating waste materials for an anaerobic digestion of the biogenic organic constituents of the garbage, particularly of the source separated organic waste, the wet waste, the residual waste and the commercial wastes, an easily dewaterable suspension of the biogenic organic substances is formed in a pretreating stage by a mechanical treatment including a selective dissolution and defibration of the biogenic organic substances. In dependence on the adjusted solids concentration the action of flow-dynamical forces is so controlled that the not biogenic organic substances, are not subjected to an appreciable disintegration before they are removed at the end of the pretreatment. Non-digestable substances are removed. The suspension is converted to biogas by an anaerobic digestion and to a compost-like residue. In the apparatus in accordance with the invention a gentle treatment of adhering solids in the crude waste is ensured in the pretreating stage in that the speed of the impeller 14 in the pulping vessel 13 is controlled in dependence on the solids concentration. This will also result in a distinct saving of energy and in a high efficiency.

Daten aus der esp@cenet Datenbank -- I2

**BEST AVAILABLE COPY**



US00537791A

**United States Patent [19]**

Wiljan et al.

[11] Patent Number: 5,377,917

[45] Date of Patent: Jan. 3, 1995

[54] PROCESSING WASTE MATERIALS FOR  
ANAEROBIC DIGESTION OF THE  
BIOGENIC-ORGANIC CONSTITUENTS

[75] Inventors: Harry Wiljan; Ulrich Nießnicker,  
both of Munich; Ottokar Muck,  
Berlin; Hans Kubler, Munich; Roland  
Schnell, Berlin; Roland Carras;  
Matthias Wild, both of Munich, all of  
Germany

[73] Assignee: REA Gesellschaft fur Recycling von  
Energie und Abfall mbH, Munich,  
Germany

[21] Appl No.: 896,017

[22] Filed: Jun. 9, 1992

[30] Foreign Application Priority Data

Jun. 24, 1991 [DE] Germany 4120808

[51] Int. Cl. B02C 23/00

[52] U.S. Cl. 241/14; 241/20;  
241/21; 210/603

[58] Field of Search 241/46.17, 20, 14, 21;  
210/603

[56] References Cited

## U.S. PATENT DOCUMENTS

- |           |         |                  |             |
|-----------|---------|------------------|-------------|
| 3,595,488 | 7/1971  | Binkley et al.   | 241/21      |
| 3,736,223 | 5/1973  | Marsh            | 241/15 X    |
| 3,788,568 | 1/1974  | Marsh            | 241/46.17 X |
| 4,354,936 | 10/1982 | Ishida et al.    | 210/603 X   |
| 4,387,856 | 6/1983  | Selder           | 241/46.17 X |
| 4,521,310 | 6/1985  | Casey            | 210/603     |
| 4,565,552 | 1/1986  | Conlon           | 210/603 X   |
| 4,632,692 | 12/1986 | Lebesgue et al.  | 210/630 X   |
| 4,641,790 | 2/1987  | Mussmann et al.  | 241/46.17   |
| 4,652,374 | 3/1987  | Cohen            | 210/603     |
| 4,659,471 | 4/1987  | Molin et al.     | 210/603     |
| 4,765,900 | 8/1988  | Schwoyer et al.  | 210/603     |
| 4,953,457 | 9/1990  | Campo            | 241/20 X    |
| 5,015,384 | 5/1991  | Burke            | 210/603     |
| 5,180,494 | 1/1993  | Yamaguchi et al. | 210/603     |
| 5,207,911 | 5/1993  | Pelligren et al. | 210/603     |

## FOREIGN PATENT DOCUMENTS

- |           |         |                    |
|-----------|---------|--------------------|
| 0126722A2 | 5/1984  | European Pat. Off. |
| 0286100B1 | 4/1988  | European Pat. Off. |
| 302852    | 8/1988  | European Pat. Off. |
| 0291425   | 11/1988 | European Pat. Off. |

2047006 9/1970 Germany .

2406404 2/1974 Germany .

3015239A1 4/1980 Germany .

3037714C2 10/1980 Germany .

3108923A1 3/1981 Germany .

3139914A1 10/1981 Germany .

3225026A1 7/1982 Germany .

3325504A1 7/1983 Germany .

3346476C2 12/1983 Germany .

3420433A1 6/1984 Germany .

3440754A1 11/1984 Germany .

3500132A1 1/1985 Germany .

3711813A1 4/1987 Germany .

3835230A1 10/1988 Germany .

3836379A1 10/1988 Germany .

3842138A1 12/1988 Germany .

3901404A1 1/1989 Germany .

3934478A1 10/1989 Germany .

3938464A1 11/1989 Germany .

Primary Examiner—Mark Rosenbaum

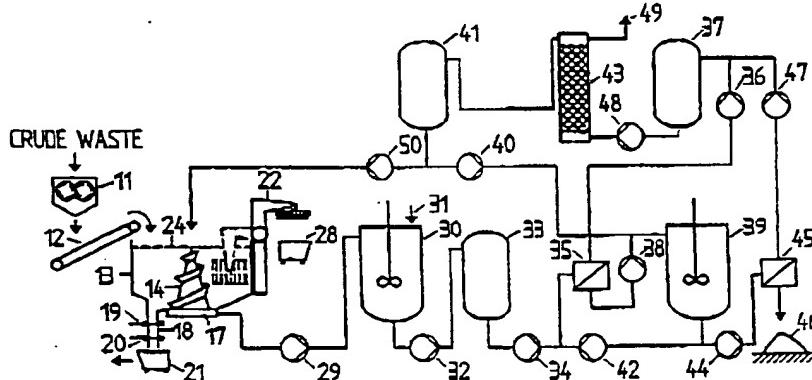
Assistant Examiner—Frances Han

Attorney, Agent, or Firm—Lowe, Price, LeBlanc &amp; Becker

## [57] ABSTRACT

In a process of treating waste materials for an anaerobic digestion of the biogenic organic constituents of the garbage, particularly of the source separated organic waste, the wet waste, the residual waste and the commercial wastes, an easily dewaterable suspension of the biogenic organic substances is formed in a pretreating stage by a mechanical treatment including a selective dissolution and defibration of the biogenic organic substances. In dependence on the adjusted solids concentration the action of flow-dynamical forces is so controlled that the not biogenic organic substances, are not subjected to an appreciable disintegration before they are removed at the end of the pretreatment. Non-digestible substances are removed. The suspension is converted to biogas by an anaerobic digestion and to a compost-like residue. In the apparatus in accordance with the invention a gentle treatment of adhering solids in the crude waste is ensured in the pretreating stage in that the speed of the impeller 14 in the pulping vessel 13 is controlled in dependence on the solids concentration. This will also result in a distinct saving of energy and in a high efficiency.

24 Claims, 5 Drawing Sheets



BEST AVAILABLE COPY



(19) Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: 0 520 172 A1

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 92107886.1

(51) Int. Cl.<sup>5</sup>: C05F 9/00, C12M 1/107

(22) Anmeldetag: 11.05.92

(30) Priorität: 24.06.91 DE 4120808

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
30.12.92 Patentblatt 92/53

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE CH DE DK ES FR GB GR IT LI LU MC  
NL PT SE

(71) Anmelder: REA GESELLSCHAFT FÜR  
RECYCLING VON ENERGIE UND ABFALL  
MBH  
Rottmannstrasse 18  
W-8000 München 2(DE)

(72) Erfinder: Wiljan, Harry  
Hans-Sachs-Strasse 8  
W-8000 München 5(DE)  
Erfinder: Niefnecker, Ulrich  
Leutstettener Strasse 20  
W-8000 München 71(DE)

Erfinder: Muck, Ottokar  
Oranienstrasse 45  
W-1000 Berlin 61(DE)  
Erfinder: Kübler, Hans  
Gabelsberger Strasse 85  
W-8000 München 2(DE)  
Erfinder: Schnell, Roland  
Möckerstrasse 71  
W-1000 Berlin 61(DE)  
Erfinder: Carra, Roland  
Reischweg 16  
W-8000 München 45(DE)  
Erfinder: Wild, Matthias  
Kaiserstrasse 46/3  
W-8000 München 40(DE)

(74) Vertreter: Reinhard, Skuhra, Weise  
Friedrichstrasse 31  
W-8000 München 40(DE)

(54) Aufbereitung von Abfällen für die anaerobe Vergärung biogen-organischer Bestandteile des Mülls, insbesondere von Biomüll, Nassmüll, Restmüll und Gewerbeabfällen.

(55) Bei einem Verfahren zur Aufbereitung von Abfällen für die anaerobe Vergärung biogenorganischer Bestandteile des Mülls, insbesondere von Biomüll, Naßmüll, Restmüll und Gewerbeabfällen, wird zunächst in einer Vorbehandlungsstufe eine leicht entwässerbare Suspension der biogen-organischen Stoffe durch eine mechanische Aufbereitung mit selektiver Auflösung und Zerfaserung der biogen-organischen Stoffe hergestellt, wobei abhängig von der Einstellung der Feststoffkonzentration die Einwirkung strömungsmechanischer Kräfte derart gesteuert wird, daß die nichtbiogen-organischen Fremdstoffe vor ihrer Abtrennung am Ende der Vorbehandlung keiner nennenswerten Zerkleinerungsbeanspruchung unterliegen, und wobei nicht biogen-organische Fremdstoffe abgetrennt werden. Anschließend wird die Suspension mittels eines anaeroben Vergärungsprozesses zu Biogas und kompostähnlichen Reststoffen umgewandelt. Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung erfolgt zur schonenden Behandlung von im Rohmüll enthaltenen Feststoffen in der Vorbehandlungsstufe eine Steuerung der Drehzahl des Laufrades 14 des Auflösebehälters 13 abhängig von der Feststoffkonzentration, womit gleichzeitig eine deutliche Energieeinsparung und ein hoher Wirkungsgrad erreicht wird.

EP 0 520 172 A1

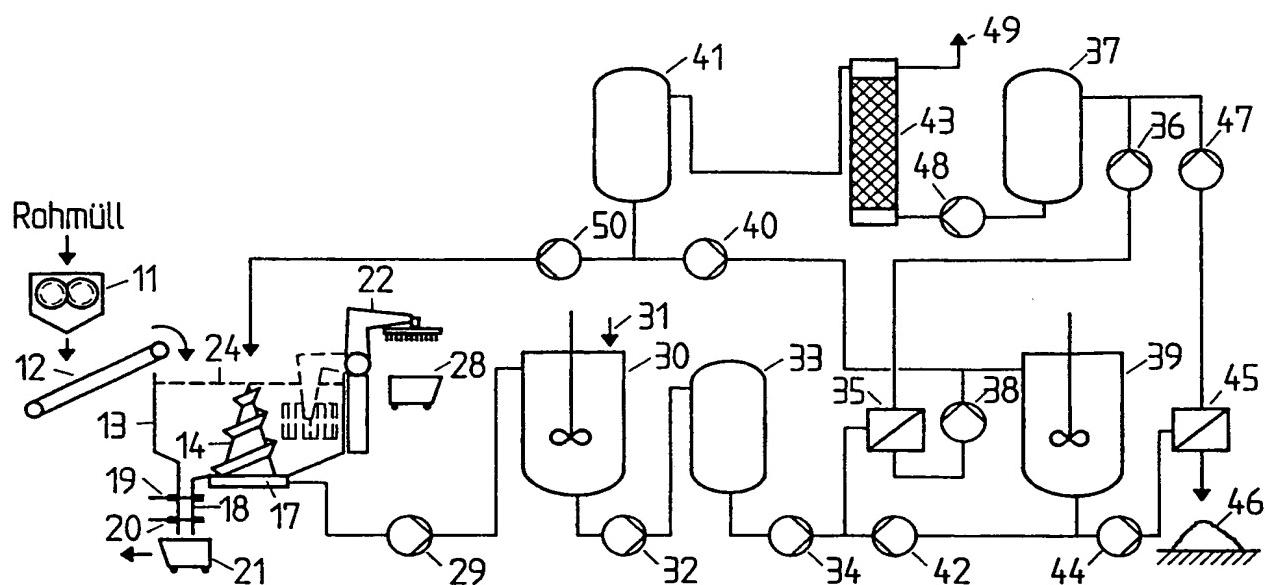


Fig. 2

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Aufbereitung von Abfällen für die anaerobe Vergärung biogen-organischer Bestandteile des Mülls, insbesondere von Biomüll, Naßmüll, Restmüll und Gewerbeabfällen.

Für die Aufbereitung und Sortierung von Abfällen, sowohl für Haushalts-, als auch für Gewerbeabfälle, werden bisher fast ausschließlich Sortiereinrichtungen verwendet, die eine Trennung der verschiedenen Bestandteile ohne wesentliche Veränderung ihrer Feuchtigkeit durch unterschiedlich angeordnete Kombinationen von Zerkleinerungseinrichtungen, Sieben, Windsichtern und Einrichtungen zur manuellen Sortierung anstreben. Ein Beispiel hierfür ist in der DE-PS 30 37 714 offenbart.

Gelegentlich ist für die Aufbereitung von Abfällen auch schon die Ausnutzung der Trennwirkung von Wasser vorgeschlagen worden, die sowohl als eigenständiges Verfahren als auch als Teilverfahren im Rahmen einer Sortieranlage der oben beschriebenen Bauart durchgeführt werden kann.

So beschreibt die DE-OS 33 25 504 ein Verfahren zur Aufbereitung mit Teilrecycling von Hausmüll, Sperrmüll, im wesentlichen aus Verpackungsabfall bestehendem Gewerbemüll und kommunalem Klärschlamm sowie Einrichtungen zur Ausübung des Verfahrens, bei dem die Abfälle erst zerkleinert und in drei Siebfaktionen geschieden werden. Für die Mittelfraktion wird eine weitere Fraktionierung durch Einbringen in eine mit Wasser gefüllte Wanne vorgeschlagen, in der die anorganischen Schwerstoffe zu Boden sinken sollen, während die Leichtstoffe aufschwimmen, so daß sie abgeschöpft und einer Kompostierung oder anaeroben Vergärung zugeführt werden können.

Eine ähnliche Anordnung beschreibt die DE-OS 38 36 379, betreffend ein Verfahren zum Aufbereiten von Naßmüll zum Vergären von dessen organischen Komponenten zusammen mit Klärschlamm und Vorrichtung zum mechanischen Trennen von organischen und nichtorganischen Müllanteilen, bei dem die abgesiebte Mittelfraktion durch eine Vorrichtung aufbereitet wird, in der mit Hilfe von Stachelwalzen eine Trennung der organischen von den anorganischen Anteilen erreicht werden soll.

In der DE-OS 35 00 132 wird ein Verfahren zur Gewinnung und Trennung organischer Bestandteile aus dem Müll beschrieben, bei dem die leichten Bestandteile ohne vorherige Zerkleinerung durch Ausblasen mit Luft aus dem Abfallgemisch abgetrennt und in ein Wasserbecken transportiert werden sollen. Dort sollen sich die schweren Stoffe absetzen, während die aufschwimmenden Stoffe durch eine leichte Strömung zu einer Austragvorrichtung gefördert werden sollen.

Eine Trennung von Abfällen in ruhendem oder nur leicht bewegten Wasser ergibt jedoch nur einen sehr unvollkommenen Effekt. Die Sinkgeschwindigkeit der Fremdstoffe, insbesondere der Feinanteile ist gering, und die Abtrennung von Kunststoffen, deren spezifisches Gewicht sich nur wenig vom spezifischen Gewicht der organischen Stoffe unterscheidet, ist nicht möglich. In der DE-OS 35 00 132 ist deshalb vorgesehen, die aufschwimmenden Abfälle zu kochen, wodurch die Struktur der organischen Stoffe soweit zerstört wird, daß sie durch ein Feinsieb gepreßt und von den thermisch widerstandsfähigeren Komponenten, beispielsweise den Kunststoffen getrennt werden können. Nachteilig sind hierbei allerdings der hohe technische Aufwand und der hohe Energiebedarf, der zur Durchführung dieses Verfahrens erforderlich ist.

Weiterhin wird in nachteiliger Weise für die Trennung im ruhenden oder leicht bewegten Wasser eine im Verhältnis zu den Feststoffen sehr große Wassermenge benötigt, wobei in den genannten Verfahren keine Angaben darüber gemacht werden, wie das mit gelösten und fein suspendierten organischen und anorganischen Stoffen belastete Wasser weiterverwertet oder gereinigt werden soll.

Bei Abfällen, die mit einem biotechnischen Verfahren weiterbehandelt werden sollen, ist es insbesondere dann, wenn eine Erzeugung von Biogas angestrebt wird, sinnvoll, zur Erhöhung der Reaktionsgeschwindigkeit die organischen Stoffe vor, nach oder während der Abtrennung zu zerkleinern. In der DE-OS 38 36 379 wird für die Zerkleinerung nach der Abtrennung der organischen Anteile eine Kugelmühle verwendet. Die Verwendung einer Kugelmühle bewirkt, daß die organischen Stoffe, wie in der DE-OS 38 36 379 beschrieben, zu einer breiartigen Konsistenz vermust werden. Die so zerkleinerten organischen Stoffe können dann nur noch in konventionellen Biogas-Anlagen nach dem Prinzip des einphasigen Faulraums weiterverwertet werden.

Die mit dem einphasigen, vollständig durchmischten Faulraum verbundenen Probleme und Einschränkungen im Betrieb sind in der Fachliteratur ausführlich dargestellt worden. Es ist bekannt, daß wesentlich leistungsfähigere Biogas-Reaktorsysteme geschaffen werden können, wenn die Auflösung (Hydrolyse) der Feststoffe von der eigentlichen Methanbildung getrennt durchgeführt wird, und dieser nur gelöste organische Stoffe zugeführt werden. Für die Umsetzung gelöster organischer Stoffe zu Biogas stehen bereits leistungsfähige Reaktorsysteme zur Verfügung.

Die zweistufige Vergärung von Feststoffen kann aber nur dann erfolgreich durchgeführt werden, wenn die organischen Stoffe mit hohem Wirkungsgrad von den im Abfallgemisch vorhandenen Fremdstoffen abgetrennt und unter Erhalt ihrer Faserstruktur zerkleinert werden. Mit den bekannten und bisher in der Abfallaufbereitung eingesetzten Zerkleinerungseinrichtungen, insbesondere mit der erwähnten Kugelmühle,

ist das nicht möglich. Neben dem bei dieser Form der Zerkleinerung unvermeidlichen "Zermusen" der organischen Abfälle, was eine Abtrennung der ungelösten organischen Feststoffe erschwert, ist damit in nachteiliger Weise immer auch eine starke Zerkleinerung der nichtorganischen Fremdstoffe verbunden, die zu einem unerwünschten Eintrag von Schwermetallen führt.

5 Eine Abtrennung der Fremdstoffe (Glas, Kunststoffe in Form von Folien und Behältern, Metalle, Steine, Sand) vor der Zerkleinerung ist mit den oben erwähnten Sortiereinrichtungen nur in beschränktem Umfang möglich, da sie mit den feuchten organischen Stoffen innig vermengt und verklebt sind. Für die Aufbereitung von Abfällen mit dem Ziel einer biotechnischen Verwertung ihres organischen Anteils sind daher diese Sortier- und Zerkleinerungseinrichtungen und die aus ihnen gebildeten Aufbereitungsverfahren nicht geeignet.

10 Für eine Naßaufbereitung ohne Vorsortierung oder Vorserkleinerung von Abfallstoffen kann ein Stofflöscher eingesetzt werden, wie es beispielsweise in der DE-PS 20 47 006 beschrieben wird. Dem Stofflöscher werden dabei kontinuierlich gemischte Abfälle zugeführt, die gleichzeitig zerfasert und zerkleinert und kontinuierlich als Suspension durch ein Lochsieb abgezogen werden. Die Zerfasierung betrifft die biogen-15 organischen Abfallstoffe, vor allem die Papier- und Pappeanteile, Küchen- und Gartenabfälle, während alle anderen Stoffe durch die besondere Ausgestaltung des Laufrades zerbrochen oder zerschnitten werden sollen. Glas soll zerschlagen und Aluminium soll zu Knäueln verdichtet werden, die durch eine relativ große Sieablochung zusammen mit der Fasersuspension abgepumpt und in weiteren Prozeßstufen abgetrennt werden. Die dabei angewandte Methode der Abtrennung der anorganischen und metallischen Anteile von 20 den organischen Stoffen durch Hydrozyklone bedingt, daß der Stofflöscher bei einer niederen Feststoffkonzentration betrieben werden muß. Die Fremdstoffe, die weder zerfasert noch zerkleinert werden können, gelangen durch eine Öffnung am Boden in ein spezielles Trenn- und Reinigungssystem, in dem die Fasern abgetrennt und wieder in den Stofflöscher zurückgeführt werden.

25 Die hier angewandte Zerkleinerung der anorganischen Fremdstoffe wirkt sich äußerst nachteilig auf die Qualität der organischen Faserstoffe aus, da durch das Zerkleinern fein verteilte Schwermetalle freigesetzt werden, die sich im Endprodukt wiederfinden und seine landwirtschaftliche Verwendung als Bodenverbesserungsmittel erschweren oder verhindern. Als nachteilig ist insbesondere das Zerschlagen des Glases anzusehen, weil dadurch scharfkantiger Glasbruch entsteht, der zu Abrasion an Pumpen und Rohrleitungen führt und der sich in Rohrleitungen und Behältern absetzt und diese verstopfen kann.

30 Ein besonderes Problem bei der Aufbereitung von Abfällen mit einem Stofflöscher stellen die Kunststoffe in Form von großflächigen Folien und Behältern dar. Bei Altpapier kann aufgrund der charakteristischen Eigenschaften der darin enthaltenen Fremdstoffe erreicht werden, daß Schnüre und Drähte einen sogenannten Zopf bilden, der mit Hilfe einer Winde langsam abgezogen wird. Aber bereits bei Altpapier kann die Menge der Fremdstoffe ein Ausmaß erreichen, daß diese Methode nicht mehr befriedigend funktioniert. In 35 der DE-PS 32 25 026 wird deshalb für diese Aufgabe eine Rechenvorrichtung beschrieben, mit der Grob- und Schwerabfall sicher und mit möglichst geringem Bedienungsaufwand kontinuierlich entfernbare sein soll.

Bei Abfällen, insbesondere bei Restmüll und Gewerbeabfällen, muß davon ausgegangen werden, daß die flächigen (Kunststofffolien) und die voluminösen (Behälter, Flaschen) Anteile nicht in der Lage sind, einen Zopf zu bilden. In der DE-OS 24 06 404, betreffend ein Verfahren zur Rückgewinnung wiederaufbereitbarer Bestandteile aus Abfallmaterial, wird aus diesem Grund das Ausspülen der Kunststoffe aus dem Stofflöscher mit einem Teilstrom der Suspension und die Trennung in Fasersuspension und Fremdstoffe in einem zusätzlichen, externen Apparat angewandt. Dafür ist ebenfalls eine niedere Feststoffkonzentration der Suspension im Stofflöscher die Voraussetzung.

45 In der EP-PS 0 286 100 ist bereits ein Verfahren zur Aufbereitung und anaeroben Vergärung biogen-organischer Abfälle und eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens beschrieben worden. Bei diesem Verfahren werden zunächst die biologisch nicht verwertbaren Fraktionen aus dem Rohabfall abgetrennt, dann wird in einer Vorbehandlungsstufe die biogen-organische Abfallfraktion durch Zusatz von Wasser oder Flüssigabfall aufgeweicht und gleichzeitig einer kombinierten hydraulischen und mechanischen Schereinwirkung zur Auflösung des Abfallmaterials unter wesentlicher Beibehaltung seiner Faserbeschaffenheit ausgesetzt und dadurch eine Rohsuspension mit 3-15 Gew.-% organischer Trockenmasse erzeugt. Danach wird die Rohsuspension in einer sich anschließenden Laugenstufe durch Zusatz von Chemikalien auf alkalische Bedingungen eingestellt, auf 40-60 °C erwärmt und 2 bis 12 Stunden auf einer Temperatur in diesem Bereich gehalten. Daran anschließend wird die der Laugenstufe entnommene Suspension durch eine Fest-Flüssig-Trennstufe in einen die wasserlöslichen biologischen Stoffe enthaltenden Flüssigkeitsstrom und in 50 einen Feststoffstrom mit 20-50 Gew.-% organischer Trockenmasse aufgeteilt, wobei der Flüssigkeitsstrom anschließend einer Methangärung zugeführt und der Feststoffstrom einer anaeroben Feststoffhydrolyse im sauren Bereich und im meso- oder thermophilen Temperaturbereich ausgesetzt und das dabei gewonnene Hydrolysat der Methangärung zugeführt wird. Eine für die Vorbehandlungsstufe geeignete Stofflöseeinrich-

tung ist auch in der DE-OS 37 11 813 derselben Anmelderin offenbart.

Die dort beschriebene Vorrichtung und die Betriebsweise dieser Vorrichtung zur Abtrennung einer organischen Faserfraktion ist allerdings nur in unvollkommener Weise geeignet, diese für die nachfolgende anaerobe Behandlung aufzubereiten und die nicht-organischen Bestandteile so abzutrennen, daß sie wiederverwertet bzw. deponiert werden können. Dieser Nachteil tritt umso stärker in Erscheinung, je höher der Anteil der Fremdstoffe in dem verwendeten Abfall ist. Es ist nämlich nur in geringem Umfang möglich, die auf oder in der Suspension schwimmenden nicht verwertbaren Bestandteile des Abfalls während des Auflösevorgangs aus der Stofflösevorrichtung abzuschöpfen. Ebenso unvollkommen ist die Abtrennung der Schwerstoffe, vor allem, wenn eine möglichst hohe Feststoffkonzentration in der Suspension angestrebt wird. Überdies sind die abgetrennten Fremdstoffe mit Faserstoffen behaftet, die eine Ablagerung oder Wiederverwertung der Materialien ohne weitere Aufbereitung verhindern.

Die Folge davon ist, daß die Stofflösevorrichtung wegen der Abtrennung der Fremdstoffe länger betrieben werden muß, als es unter dem Gesichtspunkt der Auflösung und Zerfaserung der organischen Stoffe allein nötig wäre. Durch den längeren Betrieb bei hoher Drehzahl erhöht sich aber der Energieverbrauch, und der Verschleiß nimmt zu.

Eine Verbesserung der Trennwirkung könnte durch Verminderung der Feststoffkonzentration in der Suspension erreicht werden. Dies würde aber den technischen Aufwand und den Energiebedarf in den nachgeschalteten Stufen, insbesondere bei der Fest-Flüssig-Trennung und der Feststoff-Hydrolyse, in unerwünschter Weise erhöhen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung der eingangs genannten Art verfügbar zu machen, bei der die Abtrennung der gelösten organischen Verbindungen und der organischen Faserstoffe von den nicht biotechnisch verwertbaren Fremdstoffen mit hohem Wirkungsgrad in besonders schonender Weise erfolgt. Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die im Patentanspruch 1 bzw. die im Patentanspruch 15 gekennzeichneten Merkmale gelöst.

Bevorzugte weitere Ausgestaltungen der Erfindung sind den jeweils nachgeordneten Patentansprüchen zu entnehmen.

In vorteilhafter Weise werden gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren und der erfindungsgemäßen Vorrichtung die nicht biogen-organischen Fremdstoffe mechanisch außerordentlich wenig beschädigt oder zerkleinert, und im gleichen Maße wird die Abtrennung dieser Feststoffe erleichtert. Außerdem wird der Verschleiß durch abrasive Feinanteile, die beim Zerschlagen spröder Materialien, wie z. B. Glas, zwangsläufig entstehen, vermindert.

Durch das in der Vorbehandlungsstufe auftretende Auflösen und Zerfasern der organischen Stoffe, das Abziehen der Fasersuspension, das Abtrennen der nicht vergärbaren Bestandteile des Abfalls in zeitlich nacheinanderfolgender Form in einem speziell hierfür vorgesehenen Auflösebehälter, der integraler Bestandteil einer Vorrichtung zur Erzeugung von Biogas aus der daraus erzeugten Suspension ist, kann in vorteilhafter Weise eine verschleißarme Aufbereitung mit vergleichsweise geringerem Energieverbrauch erreicht werden.

Durch die vollkommene Abtrennung der Fremdstoffe wird ferner die Vergärbarkeit der Suspension in den nachfolgenden Verfahrensstufen verbessert und ein unerwünschter Eintrag von Schwermetallen in die mit dem Verfahren erzeugten kompostähnlichen Reststoff vermieden.

Weiterhin wird durch die effektive Abtrennung der biogen-organischen Bestandteilen aus dem Ausgangsmaterial die Recycling- und Deponiefähigkeit der abgetrennten Fremdstoffe erhöht.

Nachfolgend wird die Erfindung unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

- 45 Fig. 1 ein Fließdiagramm zur Veranschaulichung des Ablaufs des erfindungsgemäßen Verfahrens;
- Fig. 2 eine schematische Darstellung der Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens mit den zugehörigen Vorrichtungskomponenten und deren Zusammenwirken;
- Fig. 3 ein Diagramm für den Betrieb des Auflösebehälters, in dem der Füllstand, die Leistung und die Drehzahl über der Zeit für einzelne Betriebsphasen angegeben sind;
- 50 Fig. 4 eine schematische Darstellung des Auflösebehälters mit zugeordneter Recheneinrichtung; und
- Fig. 5 eine schematische Darstellung des Auflösebehälters mit einer gegenüber der von Figur 4 abgewandelten Einrichtung in Form einer Reinigungskammer statt einer Recheneinrichtung.

In Fig. 1 ist das erfindungsgemäße Verfahren allgemein in Form eines Fließdiagramms dargestellt. Rohmüll, der aus biogen-organischen und nichtbiogen-organischen Stoffen besteht wird üblicherweise in Säcken angeliefert. In einem Sackaufreißer werden diese Säcke geöffnet, wobei der Rohmüll leicht vorzerkleinert und aufgelockert wird. Danach werden mittels eines Magnetabscheiders Eisenmetalle abgetrennt und dem Recycling zugeführt. Der von Eisenmetallen weitgehend befreite Rohmüll gelangt dann in einen Auflösebehälter, in dem er mit Wasser, insbesondere Prozeßwasser, versetzt und einer kombinierten

hydraulischen und mechanischen Scherwirkung ausgesetzt wird, um eine Rohsuspension zu erzeugen, die von Fremdstoffen weitgehend befreit ist. Nach dem Abpumpen der Suspension und dem erneuten Auffüllen mit Prozeßwasser werden die Schwerstoffe (= Fremdstoffe, die wegen ihres im Vergleich zum Wasser höheren spezifischen Gewichts absinken) abgeführt und die Leichtstoffe (= Fremdstoffe, die wegen ihres annähernd gleichen Gewichts auf bzw. im Prozeßwasser schwimmen) entnommen und ggf. einer weiteren Behandlung unterzogen, um noch anhaftende biogen-organische Substanzen, wie Fasern und dergl., zu beseitigen.

Wahlweise kann die abgepumpte Suspension nun einer physikalisch-chemischen Behandlung unter alkalischen Bedingungen und bei erhöhter Temperatur unterworfen werden, um bei bestimmten Müllsorten die Vergärbarkeit zu erhöhen.

Falls diese Option nicht wahrgenommen wird, erfolgt direkt eine Zuführung der Suspension aus dem Auflösebehälter in eine Fest-Flüssig-Trennstufe, in der eine Auf trennung in einem Flüssigkeitsstrom und einen Feststrom erfolgt. Diese Fest-Flüssig-Trennung (1) wird auch bei der wahlweisen physikalisch-chemischen Behandlung der Suspension als nächste Verfahrensstufe angewandt. Der abgezweigte Flüssigkeitsstrom enthält die wasserlöslichen Stoffe, während der Feststoffstrom 20 - 50 Gew.-% Trockenmasse aufweist.

Der Flüssigkeitsstrom wird einem Methanreaktor zugeführt, der zur Erzeugung von Biogas dient. Das Abwasser des Methanreaktors wird innerhalb der Vorbehandlungsstufe als Prozeßwasser dem Auflösebehälter und als Verdünnungswasser dem Hydrolysereaktor zugeführt. Überschüßwasser erfährt eine Behandlung, die eine Abgabe an die Umwelt ermöglicht.

Der aus der ersten Fest-Flüssig-Trennstufe abgehende Feststoffstrom wird dann wahlweise direkt oder nach der physikalisch-chemischen Behandlung der Feststoffe, beispielsweise durch eine Ozonbehandlung, dem Hydrolysereaktor zugeführt und mit Verdünnungswasser aus dem Methanreaktor vermischt. Die Suspension aus der Hydrolyse wird wieder der Fest-Flüssig-Trennstufe (1) zugeführt, die das Hydrolysat vom hydrolysierten Feststoffmaterial abtrennt, dieses der Methangärung zuführt und die Feststoffe wieder dem Hydrolysereaktor zuleitet. Dieser Kreislauf über die Fest-Flüssig-Trennstufe (1) erfolgt solange, bis das bearbeitete Hydrolysat keinen praktisch verwertbaren Gehalt an gelösten organischen Stoffen mehr besitzt.

Sobald dieser Zustand erreicht ist, werden die nicht mehr innerhalb des Prozesses verarbeitbaren Feststoffe einer zweiten Fest-Flüssig-Trennung zugeführt, aus der die Feststoffe dann einer Nachbehandlung der organischen Reststoffe in Form einer aeroben Nachrotte zugeleitet werden. Der bei der zweiten Fest-Flüssig-Trennung anfallende Flüssigstrom wird ebenfalls dem Methanreaktor zugeführt.

In Fig. 2 sind Vorrichtungsbestandteile schematisiert in ihrer funktionellen Verknüpfung im Rahmen des Verfahrens dargestellt. Die Beschreibung der einzelnen Vorrichtungsbestandteile erfolgt daher dem Verfahrensablauf entsprechend.

Rohmüll, der in der Regel in Müllsäcken verpackt angeliefert wird, passiert zunächst einen Sackaufreißer 11, der die Müllsäcke aufreißt und die Rohmüllbestandteile besser zugänglich macht. Aus dem Sackaufreißer 11 gelangt der Rohmüll dann auf eine Förderseinrichtung, beispielsweise ein Förderband 12, mit dem er chargeweise in einen Auflösebehälter 13 transportiert wird. Bei bestimmten Rohmüll- bzw. Abfallarten kann auch zusätzlich eine nicht dargestellte Absiebung feiner anorganischer Fremdstoffe, eine Aussortierung grober und sperriger Gegenstände oder eine Abtrennung ferromagnetischer Materialien durch einen Magneten vor einer Behandlung in dem Auflösebehälter 13 zweckmäßigerweise vorgesehen sein.

Der Auflösebehälter 13 entspricht in seiner Form im wesentlichen dem aus der Altpapieraufbereitung bekannten Stofflöser bzw. Pulper. Er weist ein zentrales, sich um eine vertikale Achse drehendes Laufrad 14 auf. Das Laufrad 14 wird, wie aus Fig. 4 entnehmbar, mittels eines Motors 15 über einen in jeweilige Riemenscheiben eingreifenden Keilriemen 16 angetrieben. Die Motordrehzahl und damit die Drehzahl des Laufrades ist in jeder Betriebsphase des Auflösebehälters 13 durch eine nicht dargestellte elektronische Steuerung auf einen bestimmten vorgegebenen Wert einstellbar.

Unterhalb des Laufrades 14 befindet sich in der Mitte des Auflösebehälters 13 ein Lochsieb 17 in Form einer Siebplatte. Der Lochdurchmesser des Lochsiebes 17 beträgt etwa 8 bis 12 mm. Am Boden des Auflösebehälters 13 ist weiterhin eine Schwerstoffschleuse 18 angeordnet, die durch eine Schleusenkammer gebildet wird, die von einem oberen Schieber 19 und einem unteren Schieber 20 begrenzt wird. Unterhalb der Schwerstoffschleuse 18 befindet sich ein Behälter 21 zur Sammlung und zum Abtransport der Schwerstoffe.

Das Laufrad 14 ist kegelähnlich ausgebildet, wobei auf dem Kegelmantel ein spiralförmig sich von unten nach oben erstreckendes, von dem Mantel des Laufrads um etwa 45° abgewinkeltes Leitblech vorgesehen ist. Bei Rotation des Laufrades 14 wird im Innern des Auflösebehälters 13 eine torroidale bzw. schleifenförmige Strömung in der Suspensions erzeugt, die am Boden radial nach außen gerichtet ist und eine geringe tangentialen Strömungskomponente aufweist. Die von dem Laufrad 14 initiierte Strömung führt

zu dem Auftreten von hydraulischen Scherkräften in der Suspension, welche das Zerfasern aufgeweichter biogen-organischer Stoffe bewirken.

Dem Auflösebehälter 13 ist eine Recheneinrichtung 22 zugeordnet, der eine vertikal stellbare Rechenfläche 23 mit Rechenzinken 23' aufweist, welche zum Festhalten von Leichtstoffen vertikal stellbar und unter den Flüssigkeitsspiegel 24 im Auflösebehälter 13 eintauchbar ist. Die Rechenfläche 23 ist aus der in Fig. 4 mit ausgezogenen Linien dargestellten Eintauchstellung aus dem Auflösebehälter 13 in die gestrichelt dargestellte Position zum Herausbefördern der aufgefangenen Leichtstoffe schwenkbar. Aus diesem ausgefahrenen Zustand werden Leichtstoffe auf einen Shredder 25 zur Aufbereitung abgeworfen, in dem sie derart zerkleinert werden, daß sie auf einem darunter angeordneten Vibrationssortierer 26 entwässert werden können. Das bei dem Vibrationssortierer 26 abtropfende Wasser wird mittels einer Pumpe 27 wieder in den Auflösebehälter 13 zurück gepumpt, vgl. Fig. 4. Die aufbereiteten Leichtstoffe werden dann in einen Behälter 28 abgeworfen und abtransportiert.

Nach der Entnahme der Leichtstoffe steht der Auflösebehälter 13 wieder bereit für die Aufnahme einer neuen Charge des Rohmülls bzw. Abfalls, nachdem gemäß Fig. 2 die Rohsuspension mit Hilfe einer Pumpe 29 durch die Siebplatte 17 abgepumpt und einem Rührreaktor 30 für eine thermisch-chemische Vorbehandlung zugeführt worden ist. Durch diese thermische und chemische Behandlung wird der Anteil der gelösten organischen Stoffe erhöht, die Suspension hygienisiert und ihre Entwässerbarkeit verbessert. Die thermisch-chemische Behandlung kann bei Temperaturen von 50-90° durchgeführt werden. Sie wird vorzugsweise als alkalische Behandlung zwischen 60 und 70°C vorgenommen, wobei durch die Zugabe von Lauge (Bezugszeichen 31), vorzugsweise Natronlauge, auch eine Verseifung der Fette bewirkt wird, die damit in die wasserlösliche Form überführt werden.

Nach Beendigung der thermisch-chemischen Behandlung wird die Suspension mit Hilfe einer Pumpe 32 in einen Suspensionspuffer 33 überführt, aus dem sie kontinuierlich mit Hilfe einer Dosierpumpe 34 einer Fest-Flüssig-Trennung 35 zugeführt wird, von der die in Wasser gelösten und durch die Vorbehandlung in Lösung gebrachten organischen Stoffe mit Hilfe einer Pumpe 36 in einen Behälter 37 gelangen. Durch die Entwässerung der Suspension werden die bereits gelösten organischen Stoffe abgetrennt und sofort der Biogaserzeugung zugeführt. Es entsteht ein Flüssigkeitsstrom, der eine Konzentration von 20-40 gCSB/l (chemischer Sauerstoffbedarf) und nur noch weniger als 1 % ungelöste Feststoffe aufweist.

Die bei der Fest-Flüssig-Trennung 35 entwässerten Feststoffe, welche nun überwiegend aus unlöslichen Kohlehydraten, Fetten, Proteinen, Cellulose und Lignocellulose bestehen, werden mit Hilfe einer Dickstoffpumpe 38 einem Reaktor für Feststoffhydrolyse 39 zugeführt, die im mesophilen oder im thermophilen Temperaturbereich betrieben werden kann. In der Feststoffhydrolyse werden die Biopolymere durch spezielle hydrolytische Mikroorganismen in lösliche Verbindungen zerlegt. Die Feststoffe werden mit Prozeßwasser vermischt, das mit Hilfe einer Pumpe 40 aus einem Prozeßwasserpuffer 41 entnommen wird, um eine rührfähige Suspension zu erhalten.

Während der Hydrolyse wird die Suspension ständig mit Hilfe einer Pumpe 42 der Fest-Flüssig-Trennung 35 zugeführt, in der die entstandenen Hydrolyseprodukte abgetrennt werden, um sie der Biogas-Produktion, die in einem Methanreaktor 43 stattfindet, zuzuführen.

Die aushydrolysierte Suspension wird über eine Pumpe 44 einer zweiten Fest-Flüssig-Trennung 45 zugeführt und mit dieser entwässert. Die entwässerten Feststoffe 46 können einer aeroben Nachrotte unterworfen und als Bodenverbesserungsmittel eingesetzt werden. Die bei der Fest-Flüssig-Trennung 45 abgetrennte Flüssigkeit wird über eine Pumpe 47 in den Behälter 37 gefördert, in dem sie mit dem Flüssigkeitsstrom aus der Hydrolyse vermischt wird.

Aus dem Behälter 37 werden dem Methanreaktor 43 mittels einer Dosierpumpe 48 kontinuierlich die in Wasser gelösten organischen Stoffe zugeführt, die durch die Methanbakterien in das aus Methan und Kohlendioxid bestehende Biogas 49 umgewandelt werden, das an der Oberseite des Methanreaktors 43 entnommen und einer Verwertung zugeleitet werden kann. Der Ablauf des Methanreaktors 43 wird im Prozeßwasserpuffer 41 gesammelt und zur Auflösung der Abfälle und mittels einer Pumpe 50 zu dem Auflösebehälter 13 zur Auflösung der Abfälle bzw. des Rohmülls gepumpt. Außerdem erfolgt, wie bereits beschrieben durch die Pumpe 40 eine Zuführung vom Prozeßwasser zu der Feststoffhydrolyse 39.

Die bei dem erfindungsgemäßen Verfahren verwendete Vorbehandlungsstufe wird nachfolgend näher erläutert. Ausgegangen wird dabei von einem Auflösebehälter 13, dem eine Charge Rohmüll zugeführt wird. Fig. 3 zeigt eine Sequenz von Betriebsphasen des Laufrades 14, wobei die Drehzahl, die Antriebsleistung und der Füllstand über die Zeit aufgetragen sind. Fig. 3 beschreibt dabei einen auf die Verarbeitung einer Charge bezogenen Arbeitszyklus, wobei sich dieser Zyklus Charge für Charge wiederholt.

Um eine bessere Durchmischung des in dem Auflösbehälter 13 bereits befindlichen Wassers mit den Abfällen zu bewirken, wird der Inhalt des Auflösebehälters 13 durch Drehung des Laufrades 14 bei nur niedriger Drehzahl bewegt. Dabei wird die Größe der Charge so bemessen, daß der Anteil der Feststoffe im

Auflösebehälter 13 ungefähr 10 % beträgt. Gemäß dem beispielhaften Zeitablauf von Fig. 3 dauert diese erste Betriebsphase etwa 5 Minuten. Die erforderliche Antriebsleistung ist wegen der geringen Drehzahl des Laufrades während dieser ersten Betriebsphase minimal und liegt an der unteren Betriesgrenze.

Nach dem vollständigen Einfüllen der Charge in dem Auflösebehälter 13 wird die Auflösung und Zerfasierung der organischen Stoffe bei einer hohen Drehzahl des Laufrades 14 durchgeführt. Dabei werden feste organische Stoffe in die Suspension überführt und lösliche Zellinhaltsstoffe, beispielsweise Zucker, in Lösung gebracht. Insbesondere werden die Fettsäuren, die durch Gärungsprozesse während einer mehrtägigen Lagerung von Abfällen durch spontan einsetzende biochemische Prozesse entstehen, in Lösung gebracht. Es entsteht eine Suspension mit einem gelösten CSB von 10-35 g/l. Weitere 80 bis 100 g/l organischer Stoffe liegen ungelöst in Form einer Suspension vor. Aufgrund der durch das Laufrad 14 erzwungenen torroidalen Strömung, die am Boden radial nach außen gerichtet ist und nur eine geringe tangentiale Strömungskomponente aufweist, werden in der Suspension hydraulische Scherkräfte wirksam, die gezielt für das Zerfasern der aufgeweichten biogen-organischen Stoffe eingesetzt werden. Während dieser zweiten Betriebsphase wird aufgrund der hohen Drehzahl des Laufrades 14 eine hohe Antriebsleistung benötigt.

Die Konzentration der löslichen organischen Stoffe in der Suspension erreicht bereits nach wenigen Minuten, beispielsweise gemäß Fig. 3 nach 5 Minuten, einen Sättigungswert. Eine Verlängerung des energieintensiven Auflösens über diesen Zeitpunkt hinaus führt zu keiner weiteren Erhöhung der Konzentration an gelösten Stoffen und birgt zudem die Gefahr einer unerwünschten Zerkleinerung von Fremdstoffen.

In der Praxis wurden für den Auflöseprozeß 5 bis 15 Minuten benötigt.

Nach dem Auflösen wird die Suspension durch die Siebplatte 17 mittels der Pumpe 29 in den Rührreaktor 31 gepumpt. Die nicht aufgelösten Bestandteile, vor allem Kunststoffe, Leder und Holz werden von der Siebplatte 17 zurückgehalten. Während des Abpumpens wird die Drehzahl des Laufrades 14 reduziert, um eine unerwünschte Zerkleinerung zu vermeiden und um Energie zu sparen, da, wie auch Fig. 3 zeigt, nur eine verringerte Antriebsleistung erforderlich ist.

Bei niedriger Drehzahl wird anschließend der Auflösebehälter 13 wieder mit Prozeßwasser aufgefüllt, das dem Prozeßwasserpuffer 41 mittels der Pumpe 50 entnommen wird. Als Prozeßwasser wird im Normalbetrieb der Ablauf des Biogasreaktors 43 verwendet, in dem die im Auflösebehälter 13 freigesetzten und in der Feststoffhydrolyse gebildeten gelösten organischen Stoffe zu Methan und Kohlendioxid umgesetzt werden.

Während der Zugabe des Prozeßwassers sammeln sich die Schwerstoffe des Auflösebehälters 13 und werden durch die Bewegung der Flüssigkeit in die geöffnete Schwerstoffschleuse 18 geschwemmt. Eine nicht dargestellte Ablaufsteuerung, die nur in dieser Betriebsphase aktiv ist, sorgt dafür, daß die Schwerstoffschleuse 18 in festgelegten Zeitabständen mit Hilfe des Schiebers 19 geschlossen wird. Der Inhalt der Schwerstoffschleuse 18 wird mit Wasser gespült und durch Öffnen des unteren Schiebers 20 entleert. Nach Schließen des unteren Schiebers 20 und Öffnen des oberen Schiebers 19 ist die Schwerstoffschleuse 18 wieder zur Aufnahme von Schwerstoffen bereit. Die in den Behälter 21 abgegebenen Schwerstoffe werden dort gesammelt und nach Füllen des Containers entsorgt.

In der folgenden Tabelle ist beispielhaft die Zusammensetzung von nach dem beschriebenen Verfahren abgetrennten Schwerstoffen angegeben. Für die Ermittlung der Zusammensetzung wurde der Inhalt der Schwerstoffschleuse nach dem Auflösen einer Charge entnommen, von Hand sortiert und danach getrocknet.

	Fraktion	Trockengewicht kg	Anteil %
45	große Steine (>10mm)	1,24	8,3
	Steine (<10mm)	1,72	11,5
	Gemisch (<10mm)	7,40	49,6
	Ton, Ziegel	1,77	11,9
50	Glas	1,57	10,5
	Knochen	0,43	2,9
	Batterien	0,06	0,4
	Eisenmetalle	0,59	4,0
	Buntmetalle	0,14	0,9
55	Summe	14,92	100,00

Die Leichtstoffe werden mit Hilfe der an diesen speziellen Anwendungsfall angepaßten Recheneinrich-

tung 22 entnommen. Da sich Materialien, aus denen sich die Leichtstoffe zusammensetzen, in ihrer Dichte nur wenig von Wasser unterscheiden, schwimmen sie an die Oberfläche auf oder treiben in der Flüssigkeit. Die Rechenfläche 23 für die Abtrennung der Leichtstoffe kann deshalb mit Hilfe eines elektrischen oder hydraulischen Antriebs soweit in den Auflösebehälter 13 eingefahren werden, daß sie sich vollständig unter der Wasseroberfläche befindet. Die Rechenfläche 23 füllt den zwischen Laufrad 14 und Wand des Auflösebehälters 13 verbleibenden freien Querschnitt des Auflösebehälters 13 möglichst vollständig aus und besteht aus einem Rahmen mit Querstrebengelenken, an denen im Abstand von 5 bis 7 cm die Zinken 23' mit einer Länge von 10 bis 15 cm senkrecht angebracht sind.

Die Bewegungsgeometrie der Recheneinrichtung 22 ist so gestaltet, daß der Rechen aus dem Auflösebehälter 13 ausgefahren werden kann, ohne daß die anhängenden Leichtstoffe durch das Bewegen abfallen. Das Abwerfen der Leichtstoffe wird erst außerhalb des Auflösebehälters 13 durch Schwenken der Rechenfläche 23 in eine waagrechte Position gezielt eingeleitet. Die Bewegung der Recheneinrichtung 22 wird von einer nicht dargestellten vollautomatischen Ablaufsteuerung kontrolliert. Sie wird erst abgeschaltet, wenn sich nur noch unbedeutende Mengen der Leichtstoffe in den Zinken 23' verfangen.

In der folgenden Tabelle ist die typische Zusammensetzung der mit dem beschriebenen Verfahren abgetrennten Leichtstoffe angegeben:

Sortier-fraktion	Massenanteil feucht		Massenanteil trocken		Wassergehalt	Glühverlust
	(kg)	(%)	(kg)	(%)	(%)	(%)
Kunststoffe	70,98	26,1	36,85	31,5	48,4	88,2
Textilien	43,50	16,0	12,67	10,8	70,8	87,0
nativ Organisches	13,05	4,8	2,76	2,4	79,8	89,4
Holz, Knochen Inertes	27,02	9,9	14,05	12,0	47,9	
Glas	0,46	0,2	0,46	0,4	10,7	
Hartplastik	7,56	2,7	7,14	6,1	5,2	
Metalle	4,12	1,5	3,45	2,9	16,6	
Feinanteil	50,37	18,5	21,42	18,3	57,9	58,5
nichtsortierbarer Rest	54,95	20,2	18,19	15,6	66,9	80,0

Nach der Entnahme der Leichtstoffe steht der Auflösebehälter 13 wieder bereit für die Aufnahme einer neuen Charge des Abfalls. Die Leichtstoffe werden direkt oder nach Aufbereitung in dem Shredder 25 und auf dem Vibrationssortierer 26 in den Container 28 abgeworfen.

Die Drehzahl des Laufrades 14 wird, wie Fig. 3 zu entnehmen ist, nach dem Abziehen der Suspension wieder deutlich nahe der minimalen Drehzahl für die erste Phase des Auffüllens mit Prozeßwasser auf eine erste Zwischendrehzahl verringert, wodurch auch die erforderliche Antriebsleistung deutlich sinkt. Während des zweiten Abschnitts des Auffüllens mit Prozeßwasser, der wiederum etwa 5 Minuten dauert, und während der sich daran anschließenden Entnahme der Leichtfraktion mittels der Recheneinrichtung 22 wird die Drehzahl des Laufrades 14 auf einer zweiten Zwischendrehzahl gehalten, die zwischen der ersten Zwischendrehzahl während des Abziehens der Suspension und der Anfangsdrehzahl beim Füllen mit Abfall liegt. Die Energieeinsparung im Vergleich zum Betrieb ohne eine entsprechende Steuerung der Drehzahl läßt sich anhand der schraffierten Fläche in Fig. 3 abschätzen. Sie hängt im wesentlichen vom Anteil der Leichtfraktion ab und wird umso größer, je größer die Zeit ist, die für die vollständige Entnahme der Leichtfraktion benötigt wird. Beispielsweise beträgt die Leistungsaufnahme des Antriebs des Laufrades 14 in einem Auflösebehälter 13 mit einem Fassungsvolumen von 4 m<sup>3</sup> etwa 10 bis 15 kW/m<sup>3</sup> für die Betriebsphase des Auflösens, während für das Durchmischen bei der Entnahme der Leichtstoffe nur 2,5 bis 3 kW/m<sup>3</sup> benötigt werden.

Die folgende Tabelle zeigt die Leistungsfähigkeit des beschriebenen Verfahrens. Es wurden die Mengen der abgeschiedenen Fremdstoffe (Schwer- und Leichtstoffe) verglichen mit den Mengen, die bei der Handsortierung desselben Abfalls erhalten wurden. Die Ausbringungsgrade liegen für alle Fraktionen nahe bei 1. Das bedeutet, daß die Fremdstoffe mit hohem Wirkungsgrad durch das beschriebene Verfahren abgetrennt werden können.

Faktion	Glas (kg)	Metalle (kg)	Mineral- stoffe (kg)	Kunst- stoffe (kg)	Textilien (kg)	Holz (kg)
<b>Anteil in:</b>						
Vorsortierung	3,4	3,3	0,8	0,7		
Schwerstoffe	0,8	0,4	2,6			
Rechengut	0,1	0,8		10,8	3,1	3,4
<b>Summe</b>	<b>4,3</b>	<b>4,5</b>	<b>3,4</b>	<b>11,5</b>	<b>3,1</b>	<b>3,4</b>
<b>Anteil in der Handsortierung</b>						
Ausbringungsgrad	0,91	1,0	0,87	1,25	1,2	0,89

Unter Ausbringungsgrad versteht man das Verhältnis zwischen dem Gewicht der im Verfahren mechanisch abgetrennten Fraktionen zum Gewicht derselben, aber durch Handsortierung gewonnenen Fraktionen.  
 Die beiden Chargen für den Vergleich wurden durch repräsentative Probenahme aus derselben Lieferung von Abfallstoffen entnommen. Die Abweichungen vom Wert 1, die innerhalb eines zulässigen Toleranzbereichs von 20 % liegen, sind durch die unvermeidliche Inhomogenität der Abfälle bedingt.

In der folgenden Tabelle sind für die thermisch-chemische Behandlung der Abfallarten "Naßmüll" und "Biomüll" in den Rührreaktor 31 typische Ergebnisse dargestellt. Die Wirkung der thermisch-chemischen Behandlung führt zu einer weiteren Auflösung der organischen Trockensubstanz (oTS) und der Anteil an "Neutral Detergent Fiber", der ein Maß für die biochemisch leicht umsetzbaren Stoffe darstellt, erhöht sich im Vergleich zum ursprünglichen Abfall.

Substrat	NaOH-Dosierung gNaOH/kgTR	Auflösung der oTS	NDF-Gehalt	pH-Wert
Naßmüll	15-50	17 %	55 %	7-9
Biomüll	14-45	14 %	45 %	6,3

Der Umfang der durch die thermisch-chemische Behandlung bewirkten Auflösung kann durch Wahl der Behandlungstemperatur spezifiziert werden. In der folgenden Tabelle sind typischen Werte für die Erhöhung der gelösten organischen Stoffe, gemessen als CSB und Trockensubstanz, für verschiedene Betriebstemperaturen aufgeführt.

	Temperatur °C	Erhöhung des gelösten CSB %	Erhöhung der gelösten organischen Trockensubstanz %
Naßmüll	65	18	26
	70	50	71
Biomüll	65	6	1
	70	23	54

Durch die Entwässerung der Suspension in der Fest-Flüssig-Trennung 35 werden die bereits gelösten organischen Stoffe abgetrennt und sofort der Biogas-Erzeugung zugeführt. Es entsteht ein Flüssigkeitsstrom, der eine Konzentration von 10 bis 40 gCSB/l und nur noch weniger als 1% ungelöste Feststoffe aufweist.

5 Typische Werte für die durch die Hydrolyse in dem Hydrolysereaktor 39 erreichte spezifische Produktion des gelösten organischen Trockenrückstands (oTR) und die spezifische Abnahme der organischen Trockensubstanz (oTS) sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

	Verdünnungs-rate (1/d)	Hydrolyse-zeit (h)	spezifische Produktion gelöste oTR (%)	spezifische Abnahme oTS (%)
10	1,5	49,5	19,34	64,25
	1,5	70,5	45,33	85,89
	1,5	49,3	66,78	93,91
	2,0	23,2	16,50	18,04
	2,0	44,5	17,23	43,47
	2,0	47,0	16,42	74,84
	1,0	42,5	58,50	76,89
	1,0	20,0	55,14	66,62

Zur Abtrennung der Leichtstoffe kann alternativ zu der beschriebenen Recheneinrichtung 22 eine Reinigungskammer 51 vorgesehen sein, die sich entweder unmittelbar an den Auflösebehälter 13 anschließt oder über eine Leitung mit diesem verbunden ist. Die Reinigungskammer 51 besteht aus einem geschlossenen Behälter, der mit Hilfe eines Schiebers 52 bei Bedarf zeitweise mit dem Auflösebehälter 13 verbunden werden kann.

25 Die Leichtstoffe werden aus dem Auflösebehälter 13 nach dem Abziehen der Rohsuspension mit Hilfe von Prozeßwasser in die Reinigungskammer 51 nach Öffnen des Schiebers 52 geschwemmt. Die Reinigungskammer 51 ist mit einem auf einer horizontalen Achse angebrachten annähernd vertikal orientierten Laufrad 53 versehen. Durch eine hinter dem Laufrad 53 angebrachte Siebloblung 54, die in Form von 30 Siebschlitzten ausgebildet sein kann, wird mit Hilfe einer Pumpe 55 eine dünne Fasersuspension abgepumpt. Bei Bedarf kann mit der Pumpe 56 anschließend erneut Prozeßwasser als Spülwasser zugeführt und dann eine weitere Fasersuspension abgepumpt werden. Die aus der Reinigungskammer 51 abgepumpte 35 verdünnte Suspension bildet einen Teil der Wasservorlage für das Auflösen der nächsten Charge in dem Auflösebehälter 13. Die Leichtstoffe können durch einen Schieber 57 aus der Reinigungskammer 51 entfernt und einem Behälter 58 zum Sammeln und zum Abtransport der Leichtstoffe zugeführt werden.

Bei Verwendung der Reinigungskammer 51 ergibt sich ebenso wie bei der Verwendung der Recheneinrichtung gemäß Figur 4 ein niedriger Energieverbrauch. Der Antrieb für das Laufrad 53 benötigt dieselbe Energie wie der des Laufrades 14 des Auflösebehälters 13, der bei der ersten alternativen Ausführungsform während des Betriebs der Recheneinrichtung weiterläuft, während bei Verwendung der Reinigungskammer 51 gemäß der alternativen Ausgestaltung das Laufrad 14 des Auflösebehälters 13 nicht zum Austrag von 40 Leichtstoff betrieben werden muß.

Der Einsatz der Reinigungskammer 51 ist vor allem für solche Abfallarten günstig, bei denen die organischen Faserstoffe innig mit den Leichtstoffen derart verbunden sind, daß durch der Entnahme mit der Recheneinrichtung 22 die angestrebte Trennwirkung nicht erreicht werden kann.

45

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Aufbereitung von Abfällen für die anaerobe Vergärung biogen-organischer Bestandteile des Mülls, insbesondere von Biomüll, Naßmüll, Restmüll und Gewerbeabfällen, bestehend aus den 50 folgenden Verfahrensschritten:
  - (a) in einer Vorbehandlungsstufe wird eine leicht entwässerbare Suspension der biogen-organischen Stoffe durch eine mechanische Aufbereitung mit selektiver Auflösung und Zerfaserung der biogen-organischen Stoffe hergestellt, wobei abhängig von der Einstellung der Feststoffkonzentration die Einwirkung strömungsmechanischer Kräfte derart gesteuert wird, daß die nichtbiogen-organischen Fremdstoffe vor ihrer Abtrennung am Ende der Vorbehandlung keiner nennenswerten Zerkleinerungsbeanspruchung unterliegen, wobei nicht biogen-organische Fremdstoffe abgetrennt werden; und
  - (b) die Suspension wird zu Biogas mittels eines anaeroben Vergärungsprozesses sowie zu kompostähnlichen Reststoffen umgewandelt.

2. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß in der Vorbehandlungsstufe die Suspension aus gelösten und zerfaserten biogen-organischen Stoffen diskontinuierlich abgezogen wird und die verbleibenden Fremdstoffe mit Wasser, vorzugsweise Prozeßwasser, derart aufgeschlämmt werden, daß anschließend die Schwerstoffe zentrifugal abtrennbar und auf- bzw. in der Fremdstoffsuspension schwimmende Leichtstoffe abschöpfend oder siebend entnehmbar sind.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die mechanische Aufbereitung in einem Auflösebehälter mit einem drehbaren Laufrad durchgeführt wird, wobei für jede Phase des Auflösungs- und Abtrennvorgangs zur schonenden Behandlung der nichtbiogen-organischen Fremdstoffe die Drehzahl des Laufrades angepaßt ist.
4. Verfahren nach Anspruch 3,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß chargenweise das Laufrad in einer ersten Phase während des Auffüllens mit einer niedrigen Drehzahl, während der anschließenden Phase des Aufschlämmens mit einer hohen Drehzahl, während einer folgenden Phase des Abziehens der Suspension bis zum Auffüllen mit Wasser, vorzugsweise Prozeßwasser, mit einer ersten Zwischendrehzahl und in einer letzten Phase des Auffüllens mit Wasser, vorzugsweise Prozeßwasser, und während der Entnahme der Leichtstoffe mit einer zweiten Zwischendrehzahl, die kleiner ist als die erste Zwischendrehzahl, angetrieben wird.
5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß bei der Aufbereitung wenigstens der Beginn des Auflösevorgangs im Zusammenhang mit einer torroidalen bzw. schleifenförmigen Strömung der Suspension im Auflösebehälter durchgeführt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die abgeschöpften bzw. siebend entnommenen Leichtstoffe einer zusätzlichen Reinigungsbehandlung unter Verwendung von Wasser, vorzugsweise Prozeßwasser, zwecks Abziehens von noch an den Leichtstoffen anhaftenden Fasermaterial und dessen Rückführung in den Auflösungsbehälter unterworfen werden.
7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß in der Vorbehandlungsstufe eine Suspension hergestellt wird, deren Anteil an biogen-organischen Stoffen bezogen auf die Trockenmasse größer ist als in den Abfällen, die für die Aufbereitung vorgesehen sind.
8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Suspension nach der Vorgehandlungsstufe durch Zugabe von Chemikalien auf einen pH-Wert im alkalischen Bereich eingestellt, auf  
40 - 90 °C, vorzugsweise auf 60 - 70 °C, erwärmt und bis zu 12 Stunden auf dieser Temperatur gehalten wird.
9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Suspension beim Verfahrensschritt (b) durch eine Fest-Flüssig-Trennstufe in einen die wasserlöslichen, biologischen Stoffe enthaltenen Flüssigkeitsstrom und in einen Feststoffstrom mit weniger als 50 Gew.-%, vorzugsweise 20 - 50 Gew.-%, Trockenmasse aufgeteilt wird,  
wobei der Flüssigkeitsstrom anschließend einer Methangärung zugeführt wird, und wobei der Feststoffstrom einer anaeroben Feststoff-Hydrolyse im meso- oder thermophilen Temperaturbereich ausgesetzt und das dabei gewonnene Hydrolysat der Methangärung zugeführt wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9,

dadurch gekennzeichnet,  
daß die Trennstufe so betrieben wird, daß der Feststoffstrom aufgrund seiner Trockenmasse ohne Weiterbehandlung in einer aeroben Rotte weiterverarbeitbar ist.

- 5    11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 9,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die faserhaltigen Feststoffe in einer mindestens einstufigen Feststoffhydrolyse in lösliche organische Stoffe umgewandelt werden, wobei die Hydrolyse durch von außen zugegebene Enzyme erfolgt, die entweder in einem parallel geschalteten Reaktor produziert werden oder durch Beimpfung der Feststoffe mit speziellen Mikroorganismen entstehen, und wobei die gelösten Stoffe kontinuierlich oder diskontinuierlich abgetrennt und der Methangärung zugeführt werden.
- 10    12. Verfahren nach Anspruch 11,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß durch eine zusätzliche mechanische, chemische oder thermische Behandlung oder deren Kombination die Hydrolysierbarkeit der organischen Faserstoffe erhöht und die Abtrennung der nicht hydrolysierbaren Feststoffe von den gelösten organischen Stoffen erleichtert wird.
- 15    13. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 12,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß abgeschöpfte oder abgesiebte Leichtstoffe zerkleinert und noch anhaftende Faserreste abgewaschen werden.
- 20    14. Verfahren nach Anspruch 13,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Leichtstoffe mit Hilfe einer Pressvorrichtung im Volumen reduziert und entwässert werden, wobei das Presswasser wieder in den Auflösebehälter zurückgeführt wird.
- 25    15. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, mit einem ein drehbares Laufrad (14) aufweisenden Auflösebehälter (13),  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß Drehzahl des Laufrades (14) abhängig von der Feststoffkonzentration steuerbar ist.
- 30    16. Vorrichtung nach Anspruch 15,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß das Laufrad (14) zur Schaffung einer torroidalen bzw. schleifenförmigen Strömung der Suspension in dem Auflösebehälter (13) ausgebildet ist.
- 35    17. Vorrichtung nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, daß unterhalb des vertikal angeordneten Laufrades (14) eine Siebplatte (17) für das Abziehen der Suspension aus gelösten und zerfaserten biogen-organischen Stoffen vorgesehen ist.
- 40    18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 17,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß dem Auflösebehälter (13) zum Abschöpfen bzw. Trennen der Leichtstoffe eine Recheneinrichtung (22) zugeordnet ist, die eine Rechenfläche (23) mit Rechenzinken (23') aufweist, welche zum Festhalten der Leichtstoffe vertikal stellbar und unter den Flüssigkeitsspiegel (24) im Auflösebehälter (13) eintauchbar ist, wobei die Leichtstoffe durch Ausschwenken der Rechenvorrichtung (22) aus dem Auflösebehälter (13) entferbar und durch Kippen der Rechenfläche (23) abwerfbar sind.
- 45    19. Vorrichtung nach Anspruch 18,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß für die mit der Recheneinrichtung (22) entfernten Leichtstoffe eine Zerkleinerung in einem Shredder (25) und ein anschließendes Abwaschen noch anhaftender Faserreste auf einem Vibrationsortierer (26) vorgesehen ist.
- 50    20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 17,  
dadurch gekennzeichnet.

daß die Leichtstoffe zusammen mit Wasser in eine Reinigungskammer mit einem vertikalen Laufrad überführbar sind, aus der das Wasser und noch an den Leichtstoffen anhaftendes Fasermaterial durch ein Sieb abziehbar und in den Auflösebehälter (13) zurückpumpbar ist.

5 21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 20,

dadurch gekennzeichnet,

daß der Auflösevorgang im Auflösebehälter (13) bei einer Temperatur zwischen 40 - 90 °C, vorzugsweise bei 60 - 70 °C, durchführbar ist, wobei für die Erwärmung der Suspension vorgewärmtes Prozeßwasser vorgesehen ist.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

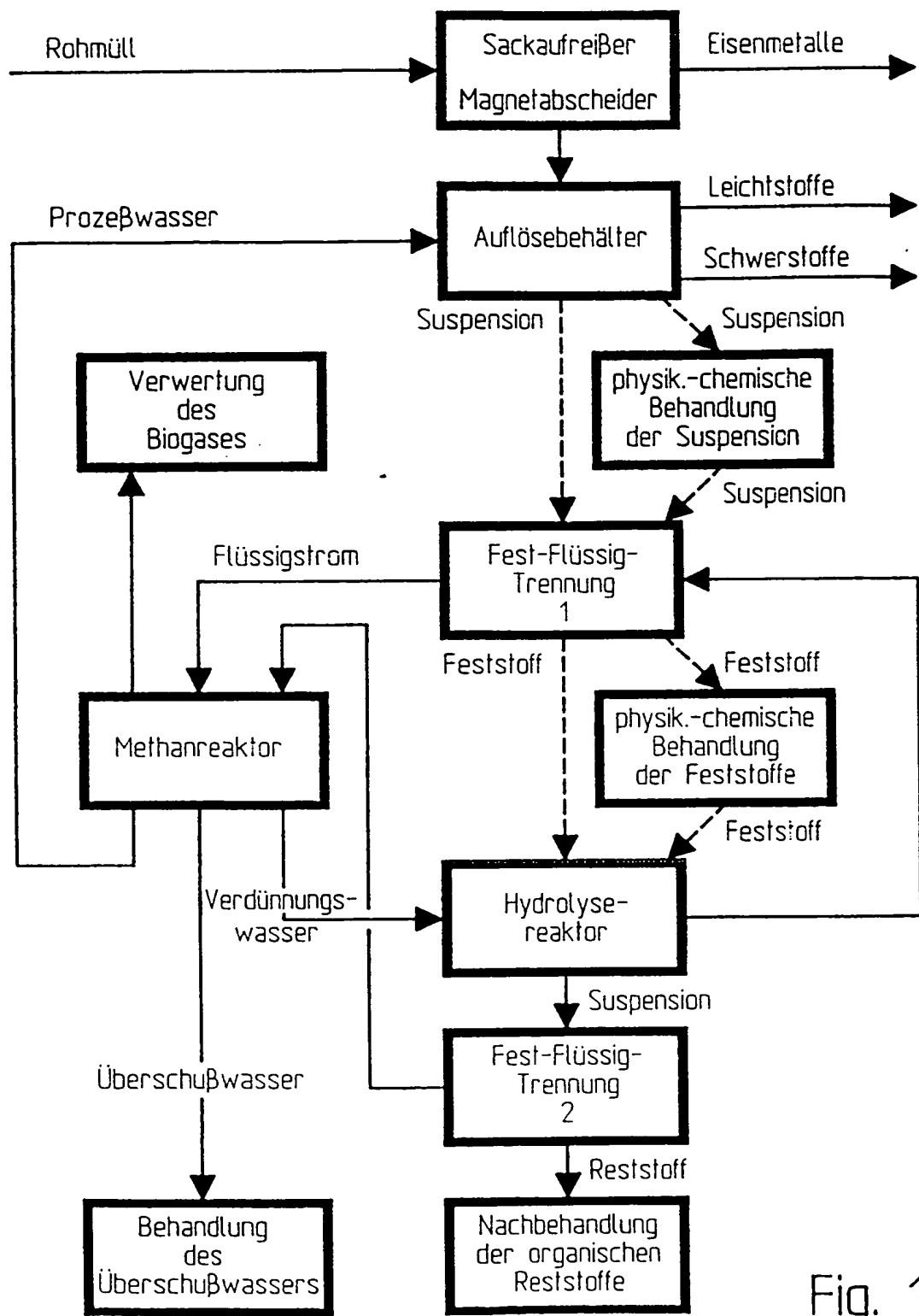


Fig. 1

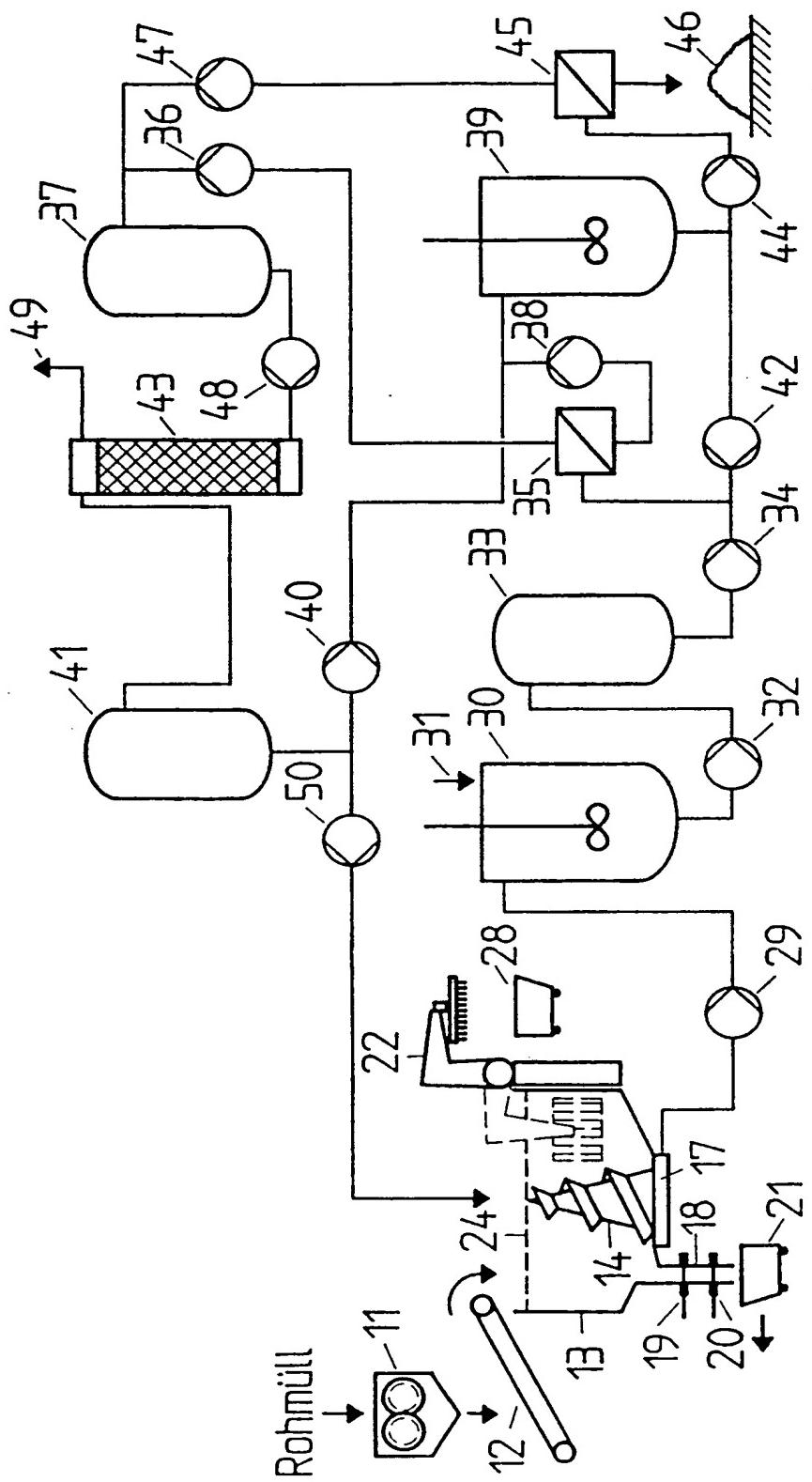


Fig. 2

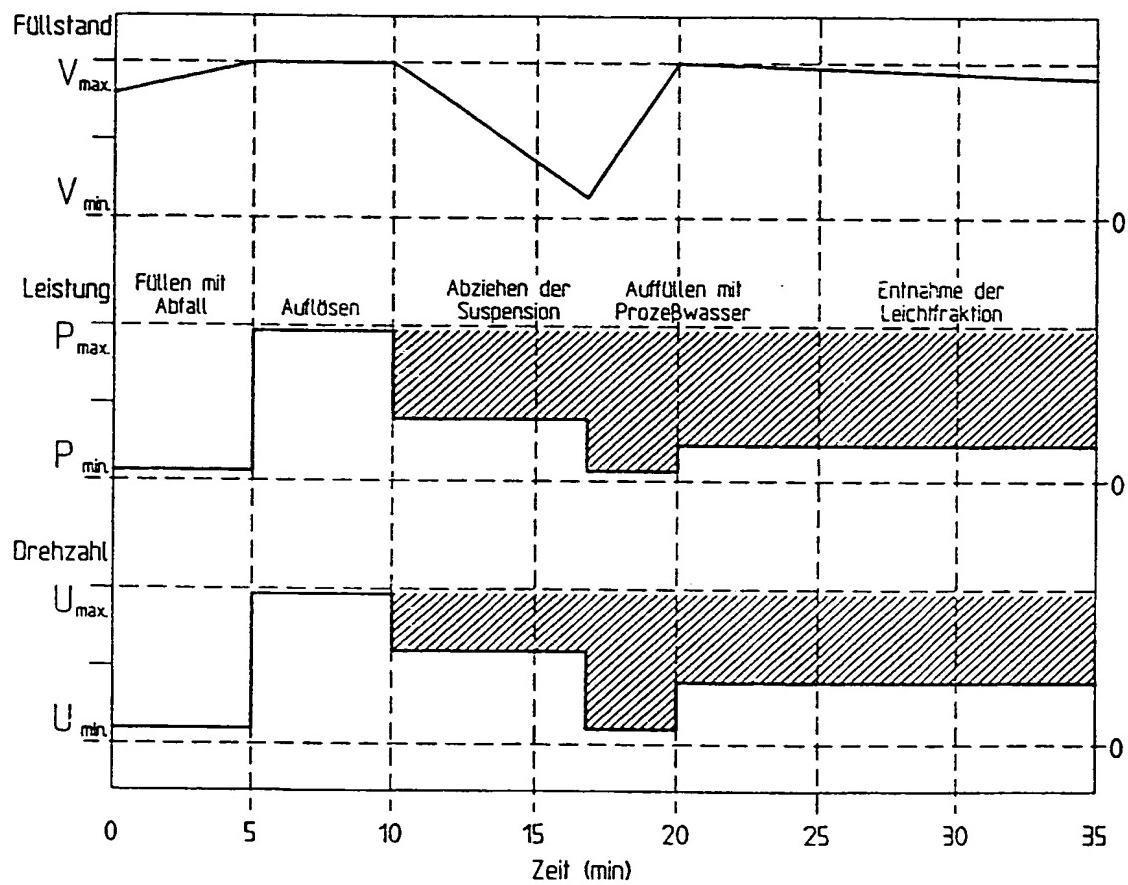


Fig. 3

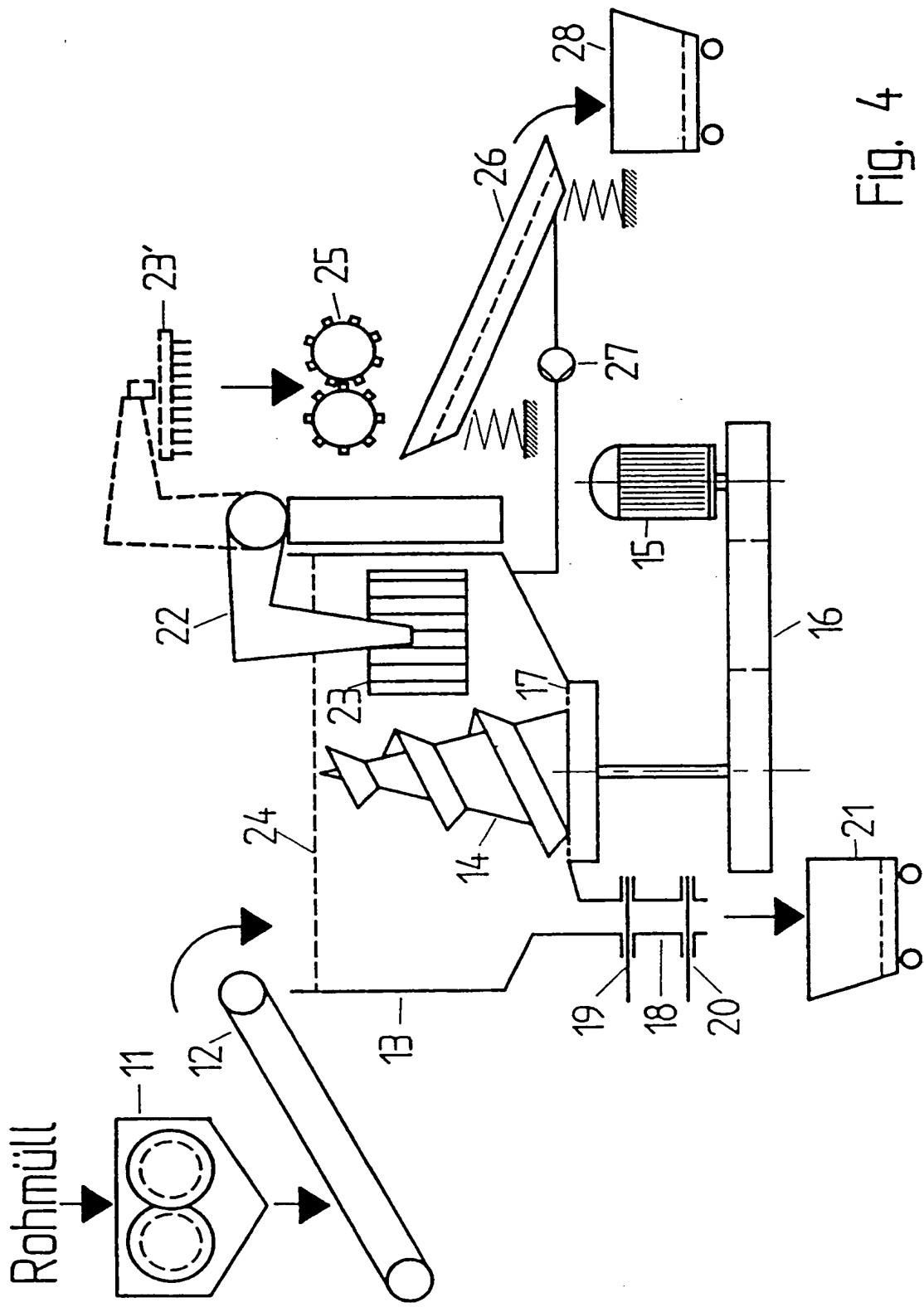


Fig. 4

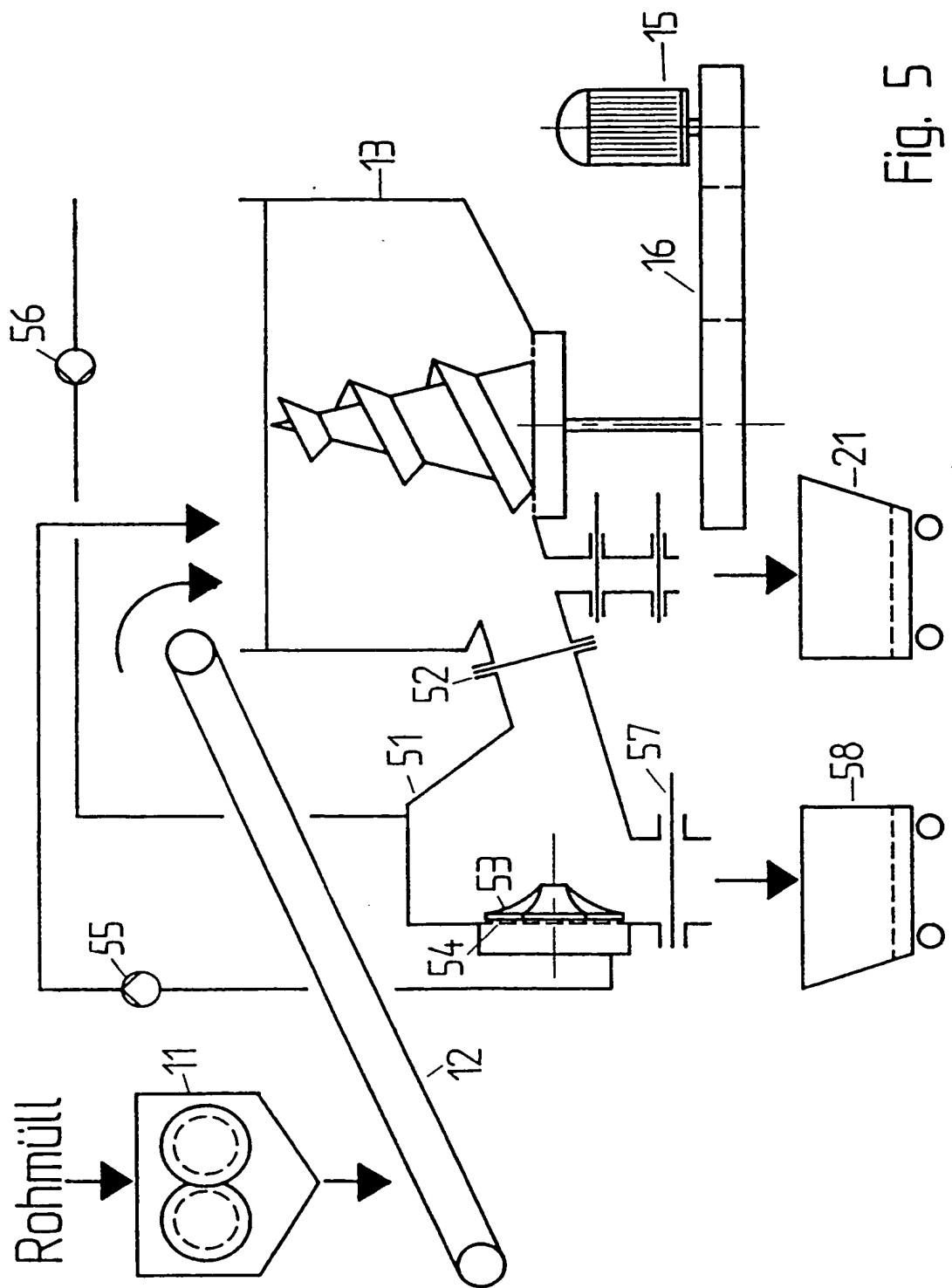


Fig. 5



Europäisches  
Patentamt

## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 92 10 7886

### EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betritt Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
Y	EP-A-0 286 100 (REA GESELLSCHAFT FÜR RECYCLING VON ENERGIE UND ABFALL MBH)	1-4, 7-9, 12, 15, 17, 21	C05F9/00 C12M1/107
A	* Ansprüche 1, 4-6, 8-11 * * Spalte 3, Zeile 14 - Zeile 41 * * Spalte 4, Zeile 24 - Spalte 5, Zeile 55; Abbildung 1 *	18	
Y	EP-A-0 291 425 (JULLIEN, A. ET AL.)	1-4, 7-9, 12, 15, 17, 21	
A	* Ansprüche 1, 4, 7 * * Spalte 3, Zeile 61 - Spalte 5, Zeile 2 *	5, 16	
D, A	DE-A-3 225 026 (MARTIN LOHSE GMBH) * Ansprüche 1, 2, 4; Abbildung 1 *	18	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5)
			C05F C12M C12P
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchesort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
DEN HAAG	07 SEPTEMBER 1992	RODRIGUEZ FONTAO M. B	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet	T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze		
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie	E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist		
A : technologischer Hintergrund	D : in der Anmeldung angeführtes Dokument		
O : nichtschriftliche Offenbarung	L : aus andern Gründen angeführtes Dokument		
P : Zwischenliteratur	& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument		